

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/018591

International filing date: 13 December 2004 (13.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-004312
Filing date: 09 January 2004 (09.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 February 2005 (17.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

16.12.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 1 月 9 日
Date of Application:

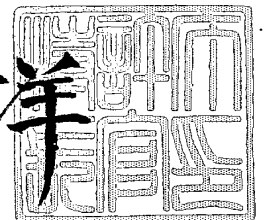
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 0 4 3 1 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 0 0 4 3 1 2]

出 願 人 浜 松 ホ ト ニ ク ス 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 2 月 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



出証番号 出証特 2 0 0 5 - 3 0 0 6 8 3 9

【書類名】 特許願
【整理番号】 2003-0514
【提出日】 平成16年 1月 9日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B23K 26/00320
B23K 26/04
H01L 21/301

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
内
【氏名】 渥美 一弘

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
内
【氏名】 久野 耕司

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
内
【氏名】 楠 昌好

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
内
【氏名】 鈴木 達也

【特許出願人】
【識別番号】 000236436
【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社

【代理人】
【識別番号】 100088155
【弁理士】
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】
【識別番号】 100092657
【弁理士】
【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】
【識別番号】 100124291
【弁理士】
【氏名又は名称】 石田 悟

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 014708
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

第一のレーザ光をレンズで集光して加工対象物の内部に集光点を合わせて照射し、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記加工対象物の内部に改質領域を形成するレーザ加工方法であって、

前記加工対象物の主面の変位を測定するための第二のレーザ光を前記レンズで集光して前記加工対象物に向けて照射し、当該照射に応じて前記主面で反射される反射光を検出しながら、前記切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得する変位取得ステップと、

前記第一のレーザ光を照射し、当該取得した変位に基づいて前記レンズと前記主面との間隔を調整しながら、前記レンズと前記加工対象物とを前記主面に沿って相対的に移動させて、前記切断予定ラインに沿って前記改質領域を形成する加工ステップと、
を備えるレーザ加工方法。

【請求項 2】

前記変位取得ステップでは、前記レンズと前記加工対象物とを第一の速度で前記主面に沿って相対的に移動させながら、第一の時間間隔で前記切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得し、

前記加工ステップでは、前記レンズと前記加工対象物とを前記第一の速度よりも速い第二の速度で前記主面に沿って相対的に移動させながら、前記第一の時間間隔よりも短い第二の時間間隔で前記レンズと前記主面との間隔を調整しながら前記改質領域を形成する、請求項 1 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 3】

前記変位取得ステップは、

前記第二のレーザ光の集光点が前記加工対象物に対する所定の位置に合うように設定された測定初期位置に前記レンズを保持する測定準備ステップと、

当該レンズを測定初期位置に保持した状態で前記第二のレーザ光の照射を開始し、前記レンズと前記加工対象物とを前記主面に沿って相対的に移動させ、前記主面で反射される前記第二のレーザ光の反射光に応じて、前記レンズを前記測定初期位置に保持した状態を解除する第一測定ステップと、

当該解除後に、前記主面で反射される前記第二のレーザ光の反射光を検出しながら前記レンズと前記主面との距離を調整して前記切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得する第二測定ステップと、

を有する、請求項 1 又は 2 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 4】

前記加工ステップは、

前記変位取得ステップにおいて取得された前記切断予定ラインに沿った前記主面の変位に基づいて前記主面に対して前記レンズを保持する加工初期位置を設定し、当該設定した加工初期位置に前記レンズを保持する加工準備ステップと、

当該レンズを加工初期位置に保持した状態で前記第一のレーザ光の照射を開始し、前記レンズと前記加工対象物とを相対的に移動させて前記切断予定ラインの一端部において前記改質領域を形成する第一加工ステップと、

前記切断予定ラインの一端部において改質領域が形成された後に前記レンズを前記加工初期位置に保持した状態を解除し、当該解除後に前記変位取得ステップにおいて取得された前記切断予定ラインに沿った前記主面の変位に基づいて前記レンズと前記主面との間隔を調整しながら、前記レンズと前記加工対象物とを相対的に移動させて前記改質領域を形成する第二加工ステップと、

を有する、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 5】

前記変位取得ステップにおいては、前記切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得する際に併せて前記第一のレーザ光を照射し、前記切断予定ラインに沿って前記改質領域を形成する、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 6】

前記変位取得ステップにおいて形成される改質領域は、前記加工ステップにおいて形成される改質領域と前記主面との間に形成される、請求項 5 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 7】

前記切断予定ラインは第一の切断予定ライン及び第二の切断予定ラインを含み、

前記変位取得ステップにおいては、前記レンズを前記加工対象物に対して前記第一の切断予定ラインに沿った第一の方向に相対的に移動させて前記第一の切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得した後、前記レンズを前記加工対象物に対して前記第一の方向とは逆の第二の方向に相対的に移動させて前記第二の切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得し、

前記加工ステップにおいては、前記第一の方向に向かって前記第一の切断予定ラインに沿った改質領域を形成した後、前記第二の方向に向かって前記第二の切断予定ラインに沿った改質領域を形成する、

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 8】

第一のレーザ光を加工対象物の内部に集光点を合わせて照射し、前記加工対象物の切断予定ラインに沿って前記加工対象物の内部に改質領域を形成するレーザ加工装置であって、

前記第 1 のレーザ光及び前記加工対象物の主面の変位を測定するための第二のレーザ光を前記加工対象物に向けて集光するレンズと、

前記第二のレーザ光の照射に応じて前記主面で反射される反射光を検出して前記主面の変位を取得する変位取得手段と、

前記加工対象物と前記レンズとを前記加工対象物の主面に沿って移動させる移動手段と

、
前記レンズを前記主面に対して進退自在に保持する保持手段と、
前記移動手段及び前記保持手段それぞれの挙動を制御する制御手段と、
を備え、

前記第二のレーザ光を照射しながら、前記制御手段は前記加工対象物と前記レンズとを前記主面に沿って相対的に移動させるように前記移動手段を制御し、前記変位取得手段は前記切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得し、

前記第一のレーザ光を照射し、前記制御手段は前記変位取得手段が取得した変位に基づいて前記レンズと前記主面との間隔を調整しながら保持するように前記保持手段を制御し、前記レンズと前記加工対象物とを前記主面に沿って相対的に移動させるように前記移動手段を制御して前記改質領域を形成する、
レーザ加工装置。

【請求項 9】

前記第二のレーザ光を照射しながら前記制御手段は前記加工対象物と前記レンズとを第一の速度で前記主面に沿って相対的に移動させるように前記移動手段を制御し、前記変位取得手段は第一の時間間隔で前記切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得し、

前記第一のレーザ光を照射し、前記制御手段は前記レンズと前記加工対象物とを前記第一の速度よりも速い第二の速度で前記主面に沿って相対的に移動させるように前記移動手段を制御し、前記第一の時間間隔よりも短い第二の時間間隔で前記レンズと前記主面との間隔を調整するように前記保持手段を制御する、請求項 8 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 10】

前記制御手段は前記第二のレーザ光の集光点が前記加工対象物に対する所定の位置に合うように設定された測定初期位置に前記レンズを保持するように前記保持手段を制御し、

当該レンズを測定初期位置に保持した状態で前記第二のレーザ光の照射を開始し、前記制御手段は前記レンズと前記加工対象物とを前記主面に沿って相対的に移動させるように前記移動手段を制御し、前記主面で反射される前記第二のレーザ光の反射光に応じて、前記レンズを前記測定初期位置に保持した状態を解除するように前記保持手段を制御し、

当該解除後に、前記制御手段は前記主面で反射される前記第二のレーザ光の反射光を検

出しながら前記レンズと前記主面との距離を調整するように前記保持手段を制御し、前記変位取得手段は前記切段予定ラインに沿った前記主面の変位を取得する、請求項 8 又は 9 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 11】

前記制御手段は前記変位取得手段が取得した前記切断予定ラインに沿った前記主面の変位に基づいて前記主面に対して前記レンズを保持する加工初期位置を設定し、当該設定した加工初期位置に前記レンズを保持するように前記保持手段を制御し、

当該レンズを加工初期位置に保持した状態で前記第一のレーザ光の照射を開始し、前記制御手段は前記レンズと前記加工対象物とを相対的に移動させるように前記移動手段を制御して前記切断予定ラインの一端部において前記改質領域を形成し、

当該一端部における改質領域の形成後に、前記制御手段は、前記レンズを前記加工初期位置に保持した状態を解除し、前記変位取得手段が取得した前記主面の変位に基づいて前記レンズと前記加工対象物との間隔を調整するように前記保持手段を制御し、前記レンズと前記加工対象物とを相対的に移動させるように前記移動手段を制御して前記改質領域を形成する、請求項 8～10 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置。

【請求項 12】

前記変位取得手段が前記切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得する際に併せて前記第一のレーザ光を照射し、前記切断予定ラインに沿って前記改質領域を形成する、請求項 8～11 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置。

【請求項 13】

前記移動手段は前記加工対象物を前記レンズに向かう方向に移動させることが可能であり、

前記制御手段は、前記変位取得手段が前記変位を取得する際に前記切断予定ラインに沿って形成される改質領域がその後に前記切断予定ラインに沿って形成される改質領域と前記主面との間に形成されるように前記移動手段を制御する、請求項 12 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 14】

前記切断予定ラインは第一の切断予定ライン及び第二の切断予定ラインを含み、

前記制御手段は前記第一の切断予定ラインに沿った第一の方向に前記レンズが前記加工対象物に対して相対的に移動するように前記移動手段を制御し、前記変位取得手段は前記第一の切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得し、その後前記制御手段は前記第一の方向とは逆の第二の方向に前記レンズが前記加工対象物に対して相対的に移動するように前記移動手段を制御し、前記変位取得手段は前記第二の切断予定ラインに沿った前記主面の変位を取得し、

前記制御手段は、前記第一の方向に向かって前記第一の切断予定ラインに沿った改質領域を形成した後、前記第二の方向に向かって前記第二の切断予定ラインに沿った改質領域を形成するように前記移動手段を制御する、請求項 8～13 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ加工方法及びレーザ加工装置

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、レーザ光を照射することで加工対象物を加工するためのレーザ加工方法及びレーザ加工装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来のレーザ加工技術には、加工対象物を加工するためのレーザ光を集光する集光レンズに対し、加工対象物の主面高さを測定する測定手段（接触式変位計や超音波距離計等）を所定の間隔をもって並設させたものがある（例えば、下記特許文献 1 の図 6 ～図 1 0 参照。）。このようなレーザ加工技術では、加工対象物の主面に沿ってレーザ光でスキャンする際に、測定手段により加工対象物の主面高さを測定し、その測定点が集光レンズの直下に到達したときに、その主面高さの測定値に基づいて集光レンズと加工対象物の主面との距離が一定となるように集光レンズをその光軸方向に駆動する。

【0 0 0 3】

また、主面が凸凹している加工対象物を加工する技術としては、加工準備として、加工を施す部分全ての平面度を平面度測定手段（投光器と反射光受光器とを有する平面度測定器）によって測定した後、その平面度測定手段をブレードに取り替えて、測定した平面度に基づいて加工対象物を加工するものがある（例えば、下記特許文献 2 参照。）。

【特許文献 1】 特開 2 0 0 2 - 2 1 9 5 9 1 号公報

【特許文献 2】 特開平 1 1 - 3 4 5 7 8 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載のレーザ加工技術においては、次のような解決すべき課題がある。すなわち、加工対象物の外側の位置からレーザ光の照射を開始してレーザ光と加工対象物とをその主面に沿って移動させて加工を行う場合に、測定手段は加工対象物の外側から測定を開始し、加工対象物の内側へと測定を行っていくことになる。そして、この測定によって得られた主面高さの測定値に基づいて集光レンズを駆動すると、加工対象物の端部においてレーザ光の集光点がずれる場合がある。

【0 0 0 5】

また、上記特許文献 2 に記載の技術を用いた場合には、加工対象物の主面の平面度を正確に把握できるものの、測定時と加工時とでそれぞれに用いる手段を交換するので、交換の手間がかかると共に交換に伴うずれが生じる恐れがある。

【0 0 0 6】

そこで本発明では、レーザ光の集光点のずれを極力少なくしつつ効率よくレーザ加工を行うことができるレーザ加工方法及びレーザ加工装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 7】

本発明のレーザ加工方法は、第一のレーザ光をレンズで集光して加工対象物の内部に集光点を合わせて照射し、加工対象物の切断予定ラインに沿って加工対象物の内部に改質領域を形成するレーザ加工方法であって、（１）加工対象物の主面の変位を測定するための第二のレーザ光をレンズで集光して加工対象物に向けて照射し、当該照射に応じて主面で反射される反射光を検出しながら、切断予定ラインに沿った主面の変位を取得する変位取得ステップと、（２）第一のレーザ光を照射し、当該取得した変位に基づいてレンズと主面との間隔を調整しながら、レンズと加工対象物とを主面に沿って相対的に移動させて、切断予定ラインに沿って改質領域を形成する加工ステップと、を備える。

【0 0 0 8】

本発明のレーザ加工方法によれば、切断予定ラインに沿って主面の変位を取得し、その

取得した変位に基づいてレンズと主面との間隔を調整しながら改質領域を形成するので、加工対象物内部の所定の位置に改質領域を形成することができる。また、加工用の第一のレーザ光を集光するレンズで測定用の第二のレーザ光を集光するので、よりの確に主面の変位を取得できる。

【0009】

また本発明のレーザ加工方法では、変位取得ステップでは、レンズと加工対象物とを第一の速度で主面に沿って相対的に移動させながら、第一の時間間隔で切断予定ラインに沿った主面の変位を取得し、加工ステップでは、レンズと加工対象物とを第一の速度よりも速い第二の速度で主面に沿って相対的に移動させながら、第一の時間間隔よりも短い第二の時間間隔でレンズと主面との間隔を調整しながら改質領域を形成することも好ましい。改質領域を形成する際の第二の速度よりも遅い第一の速度で主面の変位を取得するので、例えば主面に大きな段差がある場合であっても的確に主面の変位を取得できる。また、主面の変位を取得する際の第一の速度よりも速い第二の速度で改質領域を形成するので加工効率が向上する。また例えば、主面の変位を取得する切断予定ライン方向の距離間隔と、改質領域を形成する際のレンズと主面との間隔を調整する際の切断予定ライン方向の距離間隔とが等しくなるように第一の速度、第二の速度、第一の時間間隔、及び第二の時間間隔をそれぞれ設定すれば、取得した主面の変位により忠実に沿ってレンズと主面との間隔を調整できる。

【0010】

また本発明のレーザ加工方法では、変位取得ステップが、第二のレーザ光の集光点が加工対象物に対する所定の位置に合うように設定された測定初期位置にレンズを保持する測定準備ステップと、当該レンズを初期位置に保持した状態で第二のレーザ光の照射を開始し、レンズと加工対象物とを主面に沿って相対的に移動させ、主面で反射される第二のレーザ光の反射光に応じて、レンズを測定初期位置に保持した状態を解除する第一測定ステップと、当該解除後に、主面で反射される第二のレーザ光の反射光を検出しながらレンズと主面との距離を調整して切断予定ラインに沿った主面の変位を取得する第二測定ステップと、を有することも好ましい。測定初期位置にレンズを保持した状態で切断予定ラインの一端部に第二のレーザ光を照射した後、すなわちレンズと加工対象物とが相対的に移動してレンズが加工対象物に差し掛かった後に、レンズを保持した状態を解除して主面の変位を取得するので、加工対象物の端部の形状変動による影響を極力排除して変位を取得できる。また、反射光の光量は反射する面との距離に応じて変化するので、例えば、反射光の光量が所定の変化をする部分を加工対象物の主面の外縁に相当するものと想定してレンズを保持した状態を解除できる。

【0011】

また本発明のレーザ加工方法では、加工ステップが、変位取得ステップにおいて取得された切断予定ラインに沿った主面の変位に基づいて主面に対してレンズを保持する加工初期位置を設定し、当該設定した加工初期位置にレンズを保持する加工準備ステップと、当該レンズを加工初期位置に保持した状態で第一のレーザ光の照射を開始し、レンズと加工対象物とを相対的に移動させて切断予定ラインの一端部において改質領域を形成する第一加工ステップと、切断予定ラインの一端部において改質領域が形成された後にレンズを加工初期位置に保持した状態を解除し、当該解除後に変位取得ステップにおいて取得された切断予定ラインに沿った主面の変位に基づいてレンズと主面との間隔を調整しながら、レンズと加工対象物とを相対的に移動させて改質領域を形成する第二加工ステップと、を有することも好ましい。加工初期位置にレンズを保持した状態で切断予定ラインの一端部において改質領域を形成し、その後レンズを保持した状態を解除して主面の変異に追従させながら改質領域を形成するので、加工対象物の端部の形状変動による影響を極力排除して改質領域を形成できる。

【0012】

また本発明のレーザ加工方法では、変位取得ステップにおいては、切断予定ラインに沿った主面の変位を取得する際に併せて第一のレーザ光を照射し、切断予定ラインに沿って

改質領域を形成することも好ましい。主面の変位の取得に合わせて改質領域も形成するので、一度のスキャンで測定と加工とを行うことができる。

【0013】

また本発明のレーザ加工方法では、変位取得ステップにおいて形成される改質領域は、加工ステップにおいて形成される改質領域と主面との間に形成されることも好ましい。変位取得ステップにおいて形成される改質領域に対して加工ステップにおいて形成される改質領域がレーザ光の照射側からみて遠方に位置することになるので、レーザ光の出射方向において改質領域を広範に形成できる。

【0014】

また本発明のレーザ加工方法では、切断予定ラインは第一の切断予定ライン及び第二の切断予定ラインを含み、変位取得ステップにおいては、レンズを加工対象物に対して第一の切断予定ラインに沿った第一の方向に相対的に移動させて第一の切断予定ラインに沿った主面の変位を取得した後、レンズを加工対象物に対して第一の方向とは逆の第二の方向に相対的に移動させて第二の切断予定ラインに沿った主面の変位を取得し、加工ステップにおいては、第一の方向に向かって第一の切断予定ラインに沿った改質領域を形成した後、第二の方向に向かって第二の切断予定ラインに沿った改質領域を形成することも好ましい。レンズが第一の方向に向かって移動しながら第一の切断予定ラインに沿った変位を取得し、それとは逆の第二の方向に向かって移動しながら第二の切断予定ラインに沿った変位を取得するので、加工対象物に対してレンズが往復動作をすることで変位を取得できる。また、加工対象物に対してレンズが往復動作をすることで第一の切断予定ライン及び第二の切断予定ラインそれぞれに沿った改質領域を形成するので、より効率的な改質領域の形成が可能となる。

【0015】

本発明のレーザ加工装置は、第一のレーザ光を加工対象物の内部に集光点を合わせて照射し、加工対象物の切断予定ラインに沿って加工対象物の内部に改質領域を形成するレーザ加工装置であって、第1のレーザ光及び加工対象物の主面の変位を測定するための第二のレーザ光を加工対象物に向けて集光するレンズと、第二のレーザ光の照射に応じて主面で反射される反射光を検出して主面の変位を取得する変位取得手段と、加工対象物とレンズとを加工対象物の主面に沿って移動させる移動手段と、レンズを主面に対して進退自在に保持する保持手段と、移動手段及び保持手段それぞれの挙動を制御する制御手段と、を備え、第二のレーザ光を照射しながら、制御手段は加工対象物とレンズとを主面に沿って相対的に移動させるように移動手段を制御し、変位取得手段は切断予定ラインに沿った主面の変位を取得し、第一のレーザ光を照射し、制御手段は変位取得手段が取得した変位に基づいてレンズと主面との間隔を調整しながら保持するように保持手段を制御し、レンズと加工対象物とを主面に沿って相対的に移動させるように移動手段を制御して前記改質領域を形成する。

【0016】

本発明のレーザ加工装置によれば、切断予定ラインに沿って主面の変位を取得し、その取得した変位に基づいてレンズと主面との間隔を調整しながら改質領域を形成するので、加工対象物内部の所定の位置に改質領域を形成することができる。また、加工用の第一のレーザ光を集光するレンズで測定用の第二のレーザ光を集光するので、よりの確に主面の変位を取得できる。

【0017】

また本発明のレーザ加工装置では、第二のレーザ光を照射しながら制御手段は加工対象物とレンズとを第一の速度で主面に沿って相対的に移動させるように移動手段を制御し、変位取得手段は第一の時間間隔で切断予定ラインに沿った主面の変位を取得し、第一のレーザ光を照射し、制御手段はレンズと加工対象物とを第一の速度よりも速い第二の速度で主面に沿って相対的に移動させるように移動手段を制御し、第一の時間間隔よりも短い第二の時間間隔でレンズと主面との間隔を調整するように保持手段を制御することも好ましい。改質領域を形成する際の第二の速度よりも遅い第一の速度で主面の変位を取得するよ

うに制御するので、例えば主面に大きな段差がある場合であっても的確に主面の変位を取得できる。また、主面の変位を取得する際の第一の速度よりも速い第二の速度で改質領域を形成するように制御するので加工効率が向上する。また例えば、主面の変位を取得する切断予定ライン方向の距離間隔と、改質領域を形成する際のレンズと主面との間隔を調整する際の切断予定ライン方向の距離間隔とが等しくなるように第一の速度、第二の速度、第一の時間間隔、及び第二の時間間隔をそれぞれ設定すれば、取得した主面の変位により忠実に沿ってレンズと主面との間隔を調整できる。

【0018】

また本発明のレーザ加工装置では、制御手段は第二のレーザ光の集光点が加工対象物に対する所定の位置に合うように設定された測定初期位置にレンズを保持するように保持手段を制御し、当該レンズを測定初期位置に保持した状態で第二のレーザ光の照射を開始し、制御手段はレンズと加工対象物とを主面に沿って相対的に移動させるように移動手段を制御し、主面で反射される第二のレーザ光の反射光に応じて、レンズを測定初期位置に保持した状態を解除するように保持手段を制御し、当該解除後に、制御手段は主面で反射される第二のレーザ光の反射光を検出しながらレンズと主面との距離を調整するように保持手段を制御し、変位取得手段は切段予定ラインに沿った主面の変位を取得することも好ましい。測定初期位置にレンズを保持した状態で切断予定ラインの一端部に第二のレーザ光を照射した後、すなわちレンズと加工対象物とが相対的に移動してレンズが加工対象物に差し掛かった後に、レンズを保持した状態を解除して主面の変位を取得するので、加工対象物の端部の形状変動による影響を極力排除して変位を取得できる。また、反射光の光量は反射する面との距離に応じて変化するので、例えば、反射光の光量が所定の変化をする部分を加工対象物の主面の外縁に相当するものと想定してレンズを保持した状態を解除できる。

【0019】

また本発明のレーザ加工装置では、制御手段は変位取得手段が取得した切断予定ラインに沿った主面の変位に基づいて主面に対してレンズを保持する加工初期位置を設定し、当該設定した加工初期位置にレンズを保持するように保持手段を制御し、当該レンズを加工初期位置に保持した状態で第一のレーザ光の照射を開始し、制御手段はレンズと加工対象物とを相対的に移動させるように移動手段を制御して切断予定ラインの一端部において改質領域を形成し、当該一端部における改質領域の形成後に、制御手段は、レンズを加工初期位置に保持した状態を解除し、変位取得手段が取得した主面の変位に基づいてレンズと加工対象物との間隔を調整するように保持手段を制御し、レンズと加工対象物とを相対的に移動させるように移動手段を制御して改質領域を形成することも好ましい。加工初期位置にレンズを保持した状態で切断予定ラインの一端部において改質領域を形成し、その後レンズを保持した状態を解除して主面の変異に追従させながら改質領域を形成するので、加工対象物の端部の形状変動による影響を極力排除して改質領域を形成できる。

【0020】

また本発明のレーザ加工装置では、変位取得手段が切断予定ラインに沿った主面の変位を取得する際に併せて第一のレーザ光を照射し、切断予定ラインに沿って改質領域を形成することも好ましい。主面の変位の取得に合わせて改質領域も形成するので、一度のスキップで測定と加工とを行うことができる。

【0021】

また本発明のレーザ加工装置では、移動手段は加工対象物をレンズに向かう方向に移動させることが可能であり、制御手段は、変位取得手段が変位を取得する際に切断予定ラインに沿って形成される改質領域がその後に切断予定ラインに沿って形成される改質領域と主面との間に形成されるように移動手段を制御することも好ましい。変位取得ステップにおいて形成される改質領域に対して加工ステップにおいて形成される改質領域がレーザ光の照射側からみて遠方に位置することになるので、レーザ光の出射方向において改質領域を広範に形成できる。

【0022】

また本発明のレーザ加工装置では、切断予定ラインは第一の切断予定ライン及び第二の切断予定ラインを含み、制御手段は第一の切断予定ラインに沿った第一の方向にレンズが加工対象物に対して相対的に移動するように移動手段を制御し、変位取得手段は第一の切断予定ラインに沿った主面の変位を取得し、その後制御手段は第一の方向とは逆の第二の方向にレンズが加工対象物に対して相対的に移動するように移動手段を制御し、変位取得手段は第二の切断予定ラインに沿った主面の変位を取得し、制御手段は、第一の方向に向かって第一の切断予定ラインに沿った改質領域を形成した後、第二の方向に向かって第二の切断予定ラインに沿った改質領域を形成するように移動手段を制御することも好ましい。レンズが第一の方向に向かって移動しながら第一の切断予定ラインに沿った変位を取得し、それとは逆の第二の方向に向かって移動しながら第二の切断予定ラインに沿った変位を取得するので、加工対象物に対してレンズが往復動作をすることで変位を取得できる。また、加工対象物に対してレンズが往復動作をすることで第一の切断予定ライン及び第二の切断予定ラインそれぞれに沿った改質領域を形成するので、より効率的な改質領域の形成が可能となる。

【発明の効果】

【0023】

本発明のレーザ加工方法及びレーザ加工装置によれば、レーザ光の集光点のずれを極力少なくしつつ効率よくレーザ加工を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

本発明の知見は、例示のみのために示された添付図面を参照して以下の詳細な記述を考慮することによって容易に理解することができる。引き続き、添付図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。可能な場合には、同一の部分には同一の符号を付して、重複する説明を省略する。

【0025】

本実施形態のレーザ加工装置について図1を参照しながら説明する。図1に示すように、レーザ加工装置1は、ステージ2（移動手段）上に載置された平板状の加工対象物Sの内部に集光点Pを合わせて加工用レーザ光L1（第1のレーザ光）を照射し、加工対象物Sの内部に多光子吸収による改質領域Rを形成する装置である。ステージ2は、上下方向及び左右方向への移動並びに回転移動が可能なものであり、このステージ2の上方には、主にレーザヘッドユニット3、光学系本体部4及び対物レンズユニット5からなるレーザ出射装置6が配置されている。また、レーザ加工装置1は制御装置7（制御手段）を備えており、制御装置7はステージ2及びレーザ出射装置6に対してそれぞれの挙動（ステージ2の移動、レーザ出射装置6のレーザ光の出射等）を制御するための制御信号を出力する。

【0026】

レーザヘッドユニット3は、光学系本体部4の上端部に着脱自在に取り付けられている。このレーザヘッドユニット3はL字状の冷却ジャケット11を有しており、この冷却ジャケット11の縦壁11a内には、冷却水が流通する冷却管12が蛇行した状態で埋設されている。この縦壁11aの前面には、加工用レーザ光L1を下方に向けて出射するレーザヘッド13と、このレーザヘッド13から出射された加工用レーザ光L1の光路の開放及び閉鎖を選択的に行うシャッターユニット14とが取り付けられている。これにより、レーザヘッド13及びシャッターユニット14が過熱するのを防止することができる。なお、レーザヘッド13は、例えばNd:YAGレーザを用いたものであり、加工用レーザ光L1としてパルス幅1 μ s以下のパルスレーザ光を出射する。

【0027】

更に、レーザヘッドユニット3において、冷却ジャケット11の底壁11bの下面には、冷却ジャケット11の傾き等を調整するための調整部15が取り付けられている。この調整部15は、レーザヘッド13から出射された加工用レーザ光L1の光軸 α を、上下方向に延在するように光学系本体4及び対物レンズユニット5に設定された軸線 β に一致さ

せるためのものである。つまり、レーザヘッドユニット 3 は調整部 15 を介して光学系本体部 4 に取り付けられる。その後、調整部 15 により冷却ジャケット 11 の傾き等が調整されると、冷却ジャケット 11 の動きに追従してレーザヘッド 13 の傾き等も調整される。これにより、加工用レーザ光 L1 は、その光軸 α が軸線 β と一致した状態で光学系本体 4 内に進行することになる。なお、冷却ジャケット 11 の底壁 11b、調整部 15 及び光学系本体部 4 の筐体 21 には、加工用レーザ光 L1 が通過する貫通孔が形成されている。

【0028】

また、光学系本体部 4 の筐体 21 内の軸線 β 上には、レーザヘッド 13 から出射された加工用レーザ光 L1 のビームサイズを拡大するビームエキスパンダ 22 と、加工用レーザ光 L1 の出力を調整する光アッテネータ 23 と、光アッテネータ 23 により調整された加工用レーザ光 L1 の出力を観察する出力観察光学系 24 と、加工用レーザ光 L1 の偏光を調整する偏光調整光学系 25 とが上から下にこの順序で配置されている。なお、光アッテネータ 23 には、除去されたレーザ光を吸収するビームダンパ 26 が取り付けられており、このビームダンパ 26 は、ヒートパイプ 27 を介して冷却ジャケット 11 に接続されている。これにより、レーザ光を吸収したビームダンパ 26 が過熱するのを防止することができる。

【0029】

更に、ステージ 2 上に載置された加工対象物 S を観察すべく、光学系本体部 4 の筐体 21 には、観察用可視光を導光するライトガイド 28 が取り付けられ、筐体 21 内には CCD カメラ 29 が配置されている。観察用可視光はライトガイド 28 により筐体 21 内に導かれ、視野絞り 31、レチクル 32、ダイクロイックミラー 33 等を順次通過した後、軸線 β 上に配置されたダイクロイックミラー 34 により反射される。反射された観察用可視光は、軸線 β 上を下方に向かって進行して加工対象物 S に照射される。なお、加工用レーザ光 L1 はダイクロイックミラー 34 を透過する。

【0030】

そして、加工対象物 S の表面 S1 で反射された観察用可視光の反射光は、軸線 β を上方に向かって進行し、ダイクロイックミラー 34 により反射される。このダイクロイックミラー 34 により反射された反射光は、ダイクロイックミラー 33 により更に反射されて結像レンズ 35 等を通過し、CCD カメラ 29 に入射する。この CCD カメラ 29 により撮像された加工対象物 S の画像はモニタ（図示せず）に映し出される。

【0031】

また、対物レンズユニット 5 は、光学系本体部 4 の下端部に着脱自在に取り付けられている。対物レンズユニット 5 は、複数の位置決めピンによって光学系本体部 4 の下端部に対して位置決めされるため、光学系本体 4 に設定された軸線 β と対物レンズユニット 5 に設定された軸線 β とを容易に一致させることができる。この対物レンズユニット 5 の筐体 41 の下端には、 piezo 素子を用いたアクチュエータ 43（保持手段）を介在させて、軸線 β に光軸が一致した状態で加工用対物レンズ 42 が装着されている。なお、光学系本体部 4 の筐体 21 及び対物レンズユニット 5 の筐体 41 には、加工用レーザ光 L1 が通過する貫通孔が形成されている。また、加工用対物レンズ 42 によって集光された加工用レーザ光 L1 の集光点 P におけるピークパワー密度は 1×10^8 (W/cm²) 以上となる。

【0032】

更に、対物レンズユニット 5 の筐体 41 内には、加工対象物 S の表面 S1 から所定の深さに加工用レーザ光 L1 の集光点 P を位置させるべく、測距用レーザ光 L2（第 2 のレーザ光）を出射するレーザダイオード 44 と受光部 45 とが配置されている。測距用レーザ光 L2 はレーザダイオード 44 から出射され、ミラー 46、ハーフミラー 47 により順次反射された後、軸線 β 上に配置されたダイクロイックミラー 48 により反射される。反射された測距用レーザ光 L2 は、軸線 β 上を下方に向かって進行し、加工用対物レンズ 42 を通過して加工対象物 S の表面 S1 に照射される。なお、加工用レーザ光 L1 はダイクロイックミラー 48 を透過する。

【0033】

そして、加工対象物 S の表面 S 1 で反射された測距用レーザ光 L 2 の反射光は、加工用対物レンズ 4 2 に再入射して軸線 β 上を上方に向かって進行し、ダイクロイックミラー 4 8 により反射される。このダイクロイックミラー 4 8 により反射された測距用レーザ光 L 2 の反射光は、ハーフミラー 4 7 を通過して受光部 4 5 内に入射し、フォトダイオードを 4 等分してなる 4 分割位置検出素子上に集光される。この 4 分割位置検出素子上に集光された測距用レーザ光 L 2 の反射光の集光像パターンに基づいて、加工用対物レンズ 4 2 による測距用レーザ光 L 2 の集光点が加工対象物 S の表面 S 1 に対してどの位置にあるかを検出することができる。4 分割位置検出素子上に集光された測距用レーザ光 L 2 の反射光の集光像パターンに関する情報は、制御装置 7 に出力される。制御装置 7 はこの情報に基づいて、アクチュエータ 4 3 に加工用対物レンズ 4 2 を保持する位置を指示する制御信号を出力する。

【0034】

制御装置 7 は物理的には、ステージ 2 及びレーザ出射装置 6 と信号の授受を行うためのインタフェースと、CPU（中央演算装置）と、メモリや HDD といった記憶装置と、を備え、記憶装置に格納されているプログラムに基づいて CPU が所定の情報処理を行い、その情報処理の結果を制御信号としてインタフェースを介してステージ 2 及びレーザ出射装置 6 に出力する。

【0035】

制御装置 7 の機能的な構成を図 2 に示す。図 2 に示すように、制御装置 7 は機能的には、レーザ出射制御部 7 0 1 と、ステージ移動制御部 7 0 2 と、アクチュエータ制御部 7 0 3 と、集光点演算部 7 0 4 と、端部判断部 7 0 5 と、変位取得再生部 7 0 6（変位取得手段）と、変位格納部 7 0 7 と、を備える。レーザ出射制御部 7 0 1 は、加工用レーザ光 L 1 及び測距用レーザ光 L 2 の出射を制御する信号をレーザヘッドユニット 3 のレーザヘッド 1 3 及び対物レンズユニット 5 のレーザダイオード 4 4 にそれぞれ出力する部分である。ステージ移動制御部 7 0 2 は、ステージ 2 の移動を制御する制御信号をステージ 2 に出力する部分である。アクチュエータ制御部 7 0 3 はアクチュエータ 4 3 の駆動を制御する制御信号を対物レンズユニット 5 のアクチュエータ 4 3 に出力する部分である。変位取得再生部 7 0 6 は、アクチュエータ制御部 7 0 3 がアクチュエータ 4 3 に出力する制御信号からアクチュエータ 4 3 の伸縮量を読み取って、その伸縮量を変位格納部 7 0 7 に格納する部分である。また、変位取得再生部 7 0 6 は、変位格納部 7 0 7 に格納されている伸縮量を読み取ってアクチュエータ制御部 7 0 3 に出力する部分でもある。アクチュエータ制御部 7 0 3 はこの出力される伸縮量でアクチュエータ 4 3 が駆動するように制御信号を出力する。この伸縮量は加工対象物 S の主面 S 1 の変位に応じて変化するので、主面 S 1 の変位を表す量として捉えることもできる。集光点演算部 7 0 4 は対物レンズユニット 5 の受光部 4 5 から出力される非点収差信号に基づいて、加工対象物 S と測距用レーザ光 L 2 の集光点との距離を算出する部分である。端部判断部 7 0 5 は受光部 4 5 が受光する光量に基づいて、加工用対物レンズ 4 2 が加工対象物 S の端部に対応する位置にあるかどうかを判断する部分である。尚、各機能的構成要素の動作については後述する。

【0036】

以上のように構成されたレーザ加工装置 1 によるレーザ加工方法の概要について説明する。まず、ステージ 2 上に加工対象物 S を載置し、ステージ 2 を移動させて加工対象物 S の内部に加工用レーザ光 L 1 の集光点 P を合わせる。このステージ 2 の初期位置は、加工対象物 S の厚さや屈折率、加工用対物レンズ 4 2 の開口数等に基づいて決定される。

【0037】

続いて、レーザヘッド 1 3 から加工用レーザ光 L 1 を出射すると共に、レーザダイオード 4 4 から測距用レーザ光 L 2 を出射し、加工用対物レンズ 4 2 により集光された加工用レーザ光 L 1 及び測距用レーザ光 L 2 が加工対象物 S の所望のライン（切断予定ライン）上をスキャンするようにステージ 2 を移動させる。このとき、受光部 4 5 により測距用レーザ光 L 2 の反射光が検出され、加工用レーザ光 L 1 の集光点 P の位置が加工対象物 S の表面 S 1 から常に一定の深さとなるようにアクチュエータ 4 3 が制御装置 7 によってフィ

ードバック制御されて、加工用対物レンズ 4 2 の位置が軸線 β 方向に微調整される。

【0038】

従って、例えば加工対象物 S の表面 S 1 に面振れがあっても、表面 S 1 から一定の深さの位置に多光子吸収による改質領域 R を形成することができる。このように平板状の加工対象物 S の内部にライン状の改質領域 R を形成すると、そのライン状の改質領域 R が起点となって割れが発生し、ライン状の改質領域 R に沿って容易且つ高精度に加工対象物 S を切断することができる。

【0039】

本実施形態のレーザ加工装置 1 を用いるレーザ加工方法についてより具体的に説明する。このレーザ加工方法の説明では、レーザ加工装置 1 の動作も併せて説明する。本実施形態のレーザ加工方法は、ウェハ状の加工対象物 S の表面 S 1 (主面) の変位を取得する変位取得工程と、加工用レーザ光 L 1 を照射して改質領域を形成する加工工程とに分けることができるので、変位取得工程及び加工工程についてそれぞれ説明する。

【0040】

まず、この説明に用いるウェハ状の加工対象物 S について図 3 を参照しながら説明する。加工対象物 S には $2n$ 本の切断予定ライン $C_1 \sim C_{2n}$ が設定されている。この切断予定ライン $C_1 \sim C_{2n}$ は、二本を一組としてレーザ加工が施される。例えば、切断予定ライン $C_1 \sim C_2$ であれば、切断予定ライン C_1 の延長上の点 X_1 から点 X_2 に向かって切断予定ライン C_1 の変位を取得し、続いて切断予定ライン C_2 の延長上の点 X_3 から点 X_4 に向かって切断予定ライン C_2 の変位を取得する。このように変位を取得すれば、点 X_1 から点 X_2 方向に向かって加工用対物レンズ 4 2 (図 1 参照) が移動するようにステージ 2 (図 1 参照) を移動させ、その後逆の点 X_3 から点 X_4 方向に向かって加工用対物レンズ 4 2 が移動するようにステージ 2 を移動させるので、ステージ 2 の移動が効率的に行える。切断予定ライン $C_1 \sim C_2$ について変位を取得すると、その取得した変位に基づいてアクチュエータ 4 3 の移動量を再生しながら切断予定ライン C_1 の延長上の点 X_1 から点 X_2 に向かって切断予定ライン C_1 に沿って改質領域を形成し、続いて切断予定ライン C_2 の延長上の点 X_3 から点 X_4 に向かって切断予定ライン C_2 に沿って改質領域を形成する。

【0041】

(変位取得工程) 引き続き、ウェハ状の加工対象物 S の切断予定ライン $C_1 \sim C_n$ に沿った表面 S 1 の変位を取得する変位取得行程について説明する。

【0042】

図 4 (A) ~ 図 4 (C) を参照しながら説明する。図 4 (A) ~ 図 4 (C) は、図 3 の II-II 断面を示す図である。尚、理解を容易にするために図 4 (A) ~ 図 4 (C) においては断面を示すハッチングを省略する。図 4 (A) に示すように、加工対象物 S はダイシングフィルム 2 a を介してステージ 2 に吸着されて固定されている。ダイシングフィルム 2 a はダイシングリング (図示しない) で固定されている。

【0043】

図 4 (A) に示すように、加工対象物 2 の切断予定ライン C_1 上の一点 Q_1 に対応する位置に加工用対物レンズ 4 2 が配置されるようにステージ 2 が移動する。加工用対物レンズ 4 2 を保持しているアクチュエータ 4 3 は最も縮んだ状態から $25 \mu\text{m}$ 伸びた状態になる。この伸び量 $25 \mu\text{m}$ は、アクチュエータ 4 3 の最大伸び量 $50 \mu\text{m}$ の半分の量として設定されている。この状態で観察用可視光の反射光のピントが合うようにステージ 2 を上下させる。このピントが合った状態で測距用レーザ光 L 2 を照射し、その反射光に基づいて非点収差信号を得て、この非点収差信号の値を基準値とする。

【0044】

続いて、図 4 (B) に示すように、図 4 (A) の状態におけるアクチュエータ 4 3 の伸び量を保持したまま、加工用対物レンズ 4 2 切断予定ライン C_1 の延長上の点 X_1 に対応する位置に配置されるようにステージ 2 が移動する。図 4 (B) に示す鉛直方向における加工対象物 S に対する加工用対物レンズ 4 2 の位置が初期位置 (測定初期位置) となる。

その後、図4 (B) 中の矢印Fの方向に加工用対物レンズ42が移動するようにステージ2が移動する(測定準備ステップ)。

【0045】

測距用レーザー光L2はダイシングフィルム2aにおいては反射率が低く反射される全光量は少ないが、加工対象物Sにおいては反射される全光量が増大する。すなわち、受光部45(図1参照)の4分割位置検出素子が検出する測距用レーザー光L2の反射光の全光量が多くなるので、反射光の全光量が予め定められた閾値を超えた場合に加工対象物Sの切断予定ラインC₁と加工用対物レンズ42が交差する位置にあるものと判断できる。従って、受光部45(図1参照)の4分割位置検出素子が検出する全光量が予め定められた閾値よりも大きくなった場合に、加工用対物レンズ42が切断予定ラインC₁の一端に相当する位置にあるものとして、その時点でのアクチュエータ43の伸び量の保持を解除して非点収差信号が基準値となるようにアクチュエータ43の伸び量制御を開始する(第一測定ステップ)。

【0046】

従って、加工用対物レンズ42が図4 (B) 中の矢印F方向に移動すると図4 (C) に示す状態になる。図4 (C) に示すように、区間G₁(一端部)においては加工用対物レンズ42を保持している状態から加工用対象物Sの表面S1の変位に追従させるまでの移行区間となるので、この部分においてはアクチュエータ43の移動量が表面S1の変位とは対応していない。その後、アクチュエータ43の伸び量の保持を解除して非点収差信号が基準値となるようにアクチュエータ43の伸び量制御を行う区間G₂においては、アクチュエータ43の移動量が表面S1の変位と対応している。従って、アクチュエータ43の伸び量変化の軌跡Gは表面S1の変位と対応することになる。その後、図4 (C) に示すように加工用対物レンズ42は切断予定ラインC₁の他端に差し掛かると、受光部45(図1参照)の4分割位置検出素子が検出する測距用レーザー光L2の反射光の全光量が少なくなる。従って、受光部45(図1参照)の4分割位置検出素子が検出する全光量が予め定められた閾値よりも小さくなった場合に、加工用対物レンズ42が切断予定ラインC₁の一端に相当する位置にあるものとして、その時点でのアクチュエータの伸び量を保持すると共に、軌跡Gの記録を終了する。この軌跡Gの情報は変位格納部707に格納される(第二測定ステップ)。

【0047】

尚、上述の説明で、加工用対物レンズ42が切断予定ラインC₁の一端に相当する位置に到達したことを検出するために、受光部45(図1参照)の4分割位置検出素子が検出する全光量が予め定められた閾値よりも大きくなったことに基づいたが、これに限られず他の基準を適用することもできる。その一例を図5 (A) ~図5 (B) を参照しながら説明する。図5 (A) は、縦軸に受光部45(図1参照)の4分割位置検出素子が検出する全光量を取り、横軸に時間をとって受光部45(図1参照)の4分割位置検出素子が検出する全光量の変化を記録した図である。この場合には上述の通り、予め定められた閾値T₁を上回った時点で加工用対物レンズ42が切断予定ラインC₁の一端に相当する位置に到達したと判断している。

【0048】

図5 (A) のグラフから、所定の間隔ごと(例えば、各サンプリングポイントごと)に、後の全光量の値から前の全光量の値を差し引いた差分の変化量を算出し、縦軸に変化量をとって横軸に時間をとった図を図5 (B) に示す。この場合に、正のピークが現れている部分は、全光量の変化が最も大きな点、すなわち加工対象物Sのエッジ中央付近に相当する部分であると考えられる。そこで、図5 (A) に示す全光量が閾値T₁となった後であって、図5 (B) に示す差分のピークの変化が収まった後にアクチュエータ43の追従及びその伸縮量の記録を開始することもできる。

【0049】

また、上述の説明で、加工用対物レンズ42が切断予定ラインC₁の他端に相当する位置にあることを検出するために、受光部45(図1参照)の4分割位置検出素子が検出す

る全光量が予め定められた閾値よりも小さくなったことに基づいたが、これに限られず他の基準を適用することもできる。その一例を図6 (A)～図6 (B)を参照しながら説明する。図6 (A)は、縦軸に受光部45 (図1参照)の4分割位置検出素子が検出する全光量を取り、横軸に時間をとって受光部45 (図1参照)の4分割位置検出素子が検出する全光量の変化を記録した図である。この場合には上述の通り、予め定められた閾値 T_2 を下回った時点で加工用対物レンズ42が切断予定ライン C_1 の一端に相当する位置にあると判断している。

【0050】

図6 (A)のグラフから、所定の間隔ごと (例えば、各サンプリングポイントそれぞれ)に、後の全光量の値から前の全光量の値を差し引いた差分の変化量を算出し、縦軸に変化量をとって横軸に時間をとった図を図6 (B)に示す。この場合に、負のピークが現れている部分は、全光量の変化が最も大きな点、すなわち加工対象物Sのエッジ (外縁) 中央付近に相当する部分であると考えられる。そこで、この部分に相当するアクチュエータ43の伸縮量で固定し、その伸縮量の記録を停止することもできる。

【0051】

この変位取得行程におけるレーザ加工装置1の動作について図7に示すフローチャートを参照しながら説明する。制御装置7のステージ制御部702がステージ2に対して加工用対物レンズ42が C_1 上の一点 Q_1 に移動するように制御信号を出力する (ステップS01)。この制御信号の出力に応じてステージ2が移動する。更に制御装置7のアクチュエータ制御部703がアクチュエータ43に対して $20\mu\text{m}$ 伸びるように制御信号を出力する。この制御信号の出力に応じてアクチュエータ43は $20\mu\text{m}$ 伸びる。この状態で可視観察光によってピントが合うようにステージ2を上下させ、その可視観察光のピントが合う位置を設定する (ステップS02)。

【0052】

制御装置7のレーザ出射制御部701はレーザダイオード44に対して測距用レーザ光L2を出射するように制御信号を出力する (ステップS03)。この制御信号の出力に応じてレーザダイオード44は測距用レーザ光L2を出射し、加工対象物Sの表面S1で反射された反射光は受光部45の4分割位置検出素子が受光する。この受光に応じて出力される信号は集光点演算部704及び端部判断部705に出力される。

【0053】

集光点演算部704はこの状態における非点収差信号値を基準値として保持する (ステップS04)。続いて、ステージ移動制御部702からステージ2に対して、加工用対物レンズ42が加工対象物Sの切断予定ライン C_1 の延長上の X_1 に対応する位置まで移動するように制御信号を出力する (ステップS05)。この制御信号の出力に応じてステージ2は移動し、加工用対物レンズ42が加工対象物Sの切断予定ライン C_1 の延長上の X_1 に対応する位置まで移動する。

【0054】

続いて、ステージ移動制御部702からステージ2に対して、加工用対物レンズ42が図4 (B)中の矢印Fの方向に移動するように制御信号を出力する。この制御信号の出力に応じてステージ2は移動し、加工用対物レンズ42が矢印F方向に移動を開始する。

【0055】

制御装置7の端部判断部705は、受光部45から出力される信号に基づいて、加工用対物レンズ42が加工対象物Sの端部に差し掛かったかどうかを判断する (ステップS06)。端部判断部705は、加工用対物レンズ42が加工対象物Sの端部に差し掛かったと判断すると、アクチュエータ制御部703に対してアクチュエータ43の伸縮を開始して、非点収差信号が保持している基準値に等しくなるように、制御信号を出力するように指示する指示信号を出力する。アクチュエータ制御部703はアクチュエータ43に伸縮を開始して、非点収差信号が保持している基準値に等しくなるための、制御信号を出力する (ステップS07)。この制御信号の出力に応じてアクチュエータ43は加工対象物Sの表面S1の変位に応じて伸縮して、非点収差信号が保持した値になるように (加工用対

物レンズ42と加工対象物Sの表面S1の距離が一定になるように)加工用対物レンズ42を保持する。従って、アクチュエータ43の伸縮量の軌跡Gは加工対象物Sの表面S1の変位に応じて形成される(図4(C)参照)。制御装置7の変位取得再生部706はこのアクチュエータ43の伸縮量の記録を開始する(ステップS08)。

【0056】

端部判断部705は、受光部45から出力される信号に基づいて、加工用対物レンズ42が加工対象物Sの他端に差し掛かったかどうかを判断する(ステップS09)。端部判断部705は、加工用対物レンズ42が加工対象物Sの端部に差し掛かったと判断すると、アクチュエータ制御部703に対してアクチュエータ43の伸縮を停止する制御信号を出力するように指示する指示信号を出力する。この指示信号の出力に応じて、アクチュエータ制御部703はアクチュエータ43に対して伸縮を停止して保持状態とするための制御信号を出力する(ステップS10)。この制御信号の出力に応じてアクチュエータ43は伸縮を停止する。アクチュエータ制御部703がアクチュエータ43に制御信号を出力したことに応じて、変位取得再生部706はアクチュエータ43の伸縮量の記録を終了する(ステップS11)。ステージ移動制御部702は、加工用対物レンズ42が切断予定ラインC1の延長線上の点X₂に差し掛かると、ステージ2に対して移動を停止するように制御信号を出力する(ステップS12)。その後、変位格納部706に格納されているアクチュエータ43の伸縮量の内、記録を終了した時点から所定時間前に記録されたものとして格納されているアクチュエータ43の伸縮量の平均値を算出し、この平均値となるようにアクチュエータ43の伸縮量を固定する(ステップS13)。

【0057】

(加工工程) 引き続いて、加工用レーザ光L1及び測距用レーザ光L2を照射して改質領域を形成する加工工程について説明する。

【0058】

図4(A)～図4(C)と同様に図3のII-II断面を示す図8(A)～図8(C)を参照しながら説明する。尚、理解を容易にするために図6(A)～図6(C)においては断面を示すハッチングを省略する。図8(A)は、切断予定ラインC₁において加工用対物レンズ42が改質領域の形成を開始した状態を示している。図8(A)に至る前に、ステージ2が更に所定の距離(以下、加工高さ)上昇して、加工対象物Sの表面S1と加工用対物レンズ42との距離が加工高さ分だけ近づくように設定される。ここで、可視域のピント位置とレーザ光の集光位置とが一致するものとすれば、加工用レーザ光L1は、加工対象物Sの内部であって、その表面S1から加工高さと加工対象物Sのレーザ波長における屈折率との積の値に相当する位置に集光されることになる。例えば、加工対象物Sがシリコンウェハであってその屈折率が3.6(波長1.06μm)であり、加工高さが10μmであれば、 $3.6 \times 10 = 36 \mu\text{m}$ の位置に集光されることになる。

【0059】

アクチュエータ43は図4(C)で設定された伸び量で固定されており、加工用対物レンズ42は初期位置(加工用初期位置)に配置されている。図4(C)から図8(A)の状態に差し掛かる前に加工用レーザ光L1及び測距用レーザ光L2が照射される。加工用対物レンズ42が図中矢印Hの方向に移動するようにステージ2が移動する(加工準備ステップ)。

【0060】

測距用レーザ光L2はダイシングフィルム2aにおいては反射率が低く反射される全光量は少ないが、加工対象物Sにおいては反射される全光量が増大する。すなわち、受光部45(図1参照)の4分割位置検出素子が検出する測距用レーザ光L2の反射光の全光量が多くなるので、反射光の全光量が予め定められた閾値を超えた場合に加工対象物Sの切断予定ラインC₁と加工用対物レンズ42が交差する位置にあるものと判断できる。従って、受光部45(図1参照)の4分割位置検出素子が検出する全光量が予め定められた閾値よりも大きくなった場合に、加工用対物レンズ42が切断予定ラインC₁の一端に相当する位置にあるものとして(図8(A)に相当する状態になってものとして)、その時点

でのアクチュエータ 4 3 の伸び量の保持を解除してアクチュエータ 4 3 の伸び量制御を開始する。この伸び量は、図 4 (A) ~ 図 4 (C) を参照しながら説明したように取得されたアクチュエータ 4 3 の伸び量の軌跡 G に基づいて制御される。より具体的には、変位取得再生部 7 0 6 が変位格納部 7 0 7 に格納されている軌跡 G の情報に従って再生情報を生成し、変位取得再生部 7 0 6 からアクチュエータ制御部 7 0 3 に出力される再生情報に従ってアクチュエータ制御部 7 0 3 が制御信号をアクチュエータ 4 3 に出力する。従って、加工用対物レンズ 4 2 が図 6 (A) 中の矢印 H 方向に移動すると図 8 (B) に示す状態になる。図 8 (B) に示すように、区間 J (一端部) においては一定の加工高さで改質領域 R が形成されることになる。この区間 J において一定の加工高さで改質領域 R が形成されると、その後、加工用対物レンズ 4 2 は切断予定ライン C₁ に沿って移動し、加工用レーザ光 L₁ によって改質領域 R を形成する (第一加工ステップ)。

【0061】

図 8 (B) に示す状態から更に加工用対物レンズ 4 2 が図 8 (A) 中矢印 H の方向に移動すると、図 8 (C) に示すように加工用対物レンズ 4 2 は切断予定ライン C₁ の他端に差し掛かる。加工用対物レンズ 4 2 が加工対象物 S から外れた位置に至ると、図 8 (A) を参照しながら説明したのとは逆の状態となり、受光部 4 5 (図 1 参照) の 4 分割位置検出素子が検出する測距用レーザ光 L₂ の反射光の全光量が少なくなる。従って、受光部 4 5 (図 1 参照) の 4 分割位置検出素子が検出する全光量が予め定められた閾値よりも小さくなった場合に、加工用対物レンズ 4 2 が切断予定ライン C₁ の一端に相当する位置にあるものとして (図 8 (C) に相当する状態になってものとして)、その時点でのアクチュエータの伸び量を保持する。アクチュエータ 4 3 の伸び量を保持したまま加工用対物レンズ 4 2 が図 8 (C) 中の X₂ の位置に至るようにステージ 2 が移動し、次の切断予定ライン C₂ の加工に備える (第二加工ステップ)。

【0062】

尚、上述の説明で、加工用対物レンズ 4 2 が切断予定ラインの一端に相当する位置に到達したことを検出するために、受光部 4 5 (図 1 参照) の 4 分割位置検出素子が検出する全光量が予め定められた閾値よりも大きくなったことに基づいたが、変位取得工程において説明したのと同様に他の基準を適用することもできる。また、加工用対物レンズ 4 2 が切断予定ラインの他端に相当する位置にあることを検出するために、受光部 4 5 (図 1 参照) の 4 分割位置検出素子が検出する全光量が予め定められた閾値よりも小さくなったことに基づいたが、変位取得工程において説明したのと同様に他の基準を適用することもできる。

【0063】

この加工工程におけるレーザ加工装置 1 の動作について図 9 に示すフローチャートを参照しながら説明する。

【0064】

制御部 7 のステージ移動制御部 7 0 2 がステージ 2 に対して加工高さ分だけ上昇するように制御信号を出力する (ステップ S 2 1)。この制御信号の出力に応じてステージ 2 が加工高さ分だけ上昇する。

【0065】

制御部 7 のレーザ出射制御部 7 0 1 が、レーザヘッド 1 3 に対して加工用レーザ光 L₁ を出射するように、レーザダイオード 4 4 に対しては測距用レーザ光 L₂ を出射するように、それぞれ制御信号を出力する (ステップ S 2 2)。この制御信号の出力に応じて加工用レーザ光 L₁ 及び測距用レーザ光 L₂ がそれぞれ出射される。

【0066】

制御装置 7 のステージ制御部 7 0 2 がステージ 2 に対して加工用対物レンズ 4 2 が図 8 (A) の矢印 H 方向に移動するように制御信号を出力する (ステップ S 2 3)。この制御信号の出力に応じてステージ 2 は移動を開始する。

【0067】

制御装置 7 の端部判断部 7 0 5 は、受光部 4 5 から出力される信号に基づいて、加工用

対物レンズ 4 2 が加工対象物 S の端部に差し掛かったかどうかを判断する（ステップ S 2 4）。端部判断部 7 0 5 は、加工用対物レンズ 4 2 が加工対象物 S の端部に差し掛かったと判断すると、アクチュエータ制御部 7 0 3 に対してアクチュエータ 4 3 の伸縮を開始して、測距用レーザ光 L 2 の集光点位置を保持するための制御信号を出力するように指示する指示信号を出力する。アクチュエータ制御部 7 0 3 はアクチュエータ 4 3 に伸縮を開始して、非点収差信号が保持している基準値に等しくなるように、制御信号を出力する（ステップ S 2 5）。この制御信号の出力に応じてアクチュエータ 4 3 は予め記録された伸縮量（軌跡 G）に従って加工用対物レンズ 4 2 を保持する（ステップ S 2 6）。従って、加工対象物 S の表面 S 1 の変位に応じた位置に改質領域 R が形成される（図 8（B）参照）。

【0 0 6 8】

端部判断部 7 0 5 は、受光部 4 5 から出力される信号に基づいて、加工用対物レンズ 4 2 が加工対象物 S の他端に差し掛かったかどうかを判断する（ステップ S 2 7）。端部判断部 7 0 5 は、加工用対物レンズ 4 2 が加工対象物 S の端部に差し掛かったと判断すると、アクチュエータ制御部 7 0 3 に対してアクチュエータ 4 3 の伸縮を停止する制御信号を出力するように指示する指示信号を出力する。この指示信号の出力に応じて、アクチュエータ制御部 7 0 3 はアクチュエータ 4 3 に対して伸縮を停止して保持状態とするための制御信号を出力する（ステップ S 2 8）。この制御信号の出力に応じてアクチュエータ 4 3 は伸縮を停止する。ステージ移動制御部 7 0 2 は、加工用対物レンズ 4 2 が切断予定ライン C 1 の延長線上の点 X₂ に差し掛かると、ステージ 2 に対して移動を停止するように制御信号を出力する（ステップ S 2 9）。その後、変位格納部 7 0 6 に格納されているアクチュエータ 4 3 の伸縮量の内、記録を終了した時点から所定時間前に記録されたものとして格納されているアクチュエータ 4 3 の伸縮量の平均値を算出し、この平均値となるようにアクチュエータ 4 3 の伸縮量を固定する（ステップ S 3 0）。

【0 0 6 9】

上述した準備工程及び加工工程は、加工対象物 S の全ての切断予定ライン C₁ ~ C_n それぞれで行われ、切断予定ライン C₁ ~ C_n それぞれに沿って改質領域 R が形成される。

【0 0 7 0】

尚、本実施形態では改質領域 R を一段生成する場合について説明したが、改質領域を複数段生成するようにしてもよい。この場合について図 1 0（A）及び図 1 0（B）を図 4（A）～図 4（C）と対比して参照しながら説明する。図 4（A）～図 4（C）では、加工用対物レンズ 4 2 が集光する可視観察光のピント位置を基準として加工対象物 S の表面 S 1 の変位を取得した。ここで、図 4（A）において、加工高さ分だけステージ 2 を上昇させ、その場合の非点収差信号を基準値とすれば、加工対象物 S の内部にレーザ光の集光点を位置させることができる。その状態で加工用レーザ光 L 1 及び測距用レーザ光 L 2 を照射しながらステージ 2 を移動させると、図 1 0（A）に示す状態となる。すなわち、加工対象物 S の内部には加工用レーザ光 L 1 によって改質領域 N₁ が形成されると共に、アクチュエータ 4 3 の伸縮量を記録すれば加工対象物 S の表面 S 1 の変位に応じた軌跡 K を取得することができる。次に、ステージ 2 を更に上昇させて、図 8（A）～図 8（C）を参照しながら説明したのと同様に、軌跡 K として記録したアクチュエータ 4 3 の伸縮量を再生しながらレーザ加工を行えば、加工対象物 S の内部にはその表面 S 1 の変位に応じた位置に改質領域 N₂ が形成される。

【0 0 7 1】

このように加工対象物 S の表面 S 1 の変位を記録しながらレーザ加工を行えば、より効率的に改質領域を形成することが可能となる。また、加工対象物 S の表面 S 1 の変位を取得する際には測距用レーザ光 L 2 の集光点が加工対象物 S の内部に形成される。従って、加工対象物 S の表面 S 1 における測距用レーザ光 L 2 のビーム径が大きくなるので、表面 S 1 の状態（バックグラインド研磨などによる研磨痕の筋など）によって受ける影響をより小さくできる。

【0 0 7 2】

本実施形態では変位取得工程におけるステージ 2 の移動速度と加工工程におけるステージ 2 の移動速度とが等しくなるように設定しているが、これらの移動速度を異なるようにすることも好ましい。より具体的には、加工工程におけるステージ 2 の移動速度（第二の速度）よりも変位取得工程におけるステージ 2 の移動速度（第一の速度）を遅く設定する。この場合に、変位取得工程において主面 S 1 の変位を取得するサンプリング周期（第一の時間間隔）が加工工程においてアクチュエータ 4 3 を駆動するサンプリング周期（第二の時間間隔）よりも長くなるように設定する。例えば、変位取得工程におけるステージ 2 の移動速度を 60 m/s 、サンプリング周期を 1 ms とし、加工工程におけるステージ 2 の移動速度を 300 m/s 、サンプリング周期を 0.2 ms とする。移動速度とサンプリング周期の積が各動作のピッチ（切断予定ライン方向の距離間隔）となるので、変位取得工程において主面 S 1 の変位を取得するピッチと、加工工程においてアクチュエータ 4 3 を駆動するピッチとが同一となって、記録と再生のピッチが合致する。このように設定すると、変位取得工程におけるステージ 2 の移動速度が遅くなるので、加工対象物 S の主面 S 1 に大きな凹凸があっても追従することができる。また、加工工程における加工速度は変わらないので、加工効率を低下させることがない。

【0073】

本実施形態では、切断予定ラインに沿ってアクチュエータ 4 3 の伸縮量を加工対象物 S の表面 S 1 の変位に対応するものとして取得し、その取得した伸縮量に基づいてアクチュエータ 4 3 を伸縮させながら加工用対物レンズ 4 2 と表面 S 1 との間隔を調整して改質領域を形成するので、加工対象物 S 内部の所定の位置に改質領域を安定して形成することができる。また、加工用レーザ光 L 1 とを集光する加工用対物レンズ 4 2 で測距用レーザ光 L 2 を集光するので、例えばレンズの交換などによるずれが生じることを回避できるので、より的確に表面 S 1 の変位を取得できる。

【0074】

また、加工用対物レンズ 4 2 と加工対象物 S とが相対的に移動して加工用対物レンズ 4 2 が加工対象物 S に差し掛かった後に、加工用対物レンズ 4 2 を初期位置に保持した状態を解除して表面 S 1 の変位を取得するので、加工対象物 S の端部の形状変動による影響を極力排除して変位を取得できる。

【0075】

また、加工用対物レンズ 4 2 を初期位置に保持した状態で切断予定ラインの一端部において改質領域を形成し、その後加工用対物レンズ 4 2 レンズを保持した状態を解除して予め取得した表面 S 1 の変位に追従させながら改質領域を形成するので、加工対象物 S の端部の形状変動による影響を極力排除して改質領域を形成できる。

【0076】

切断予定ラインに沿って改質領域を安定して形成することができるので、改質領域を形成した後にダイシングフィルム 2 a の拡張等により加工対象物としてのウエハをチップ状に切断・分離する工程において、良好な切断品質で且つ大量のウエハを切断する場合でも常に安定してウエハの切断を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図 1】 本実施形態であるレーザ加工装置の構成を示す図である。

【図 2】 本実施形態のレーザ加工装置が備える制御装置の機能的な構成を示す図である。

【図 3】 本実施形態を説明するための加工対象物を示す図である。

【図 4】 本実施形態のレーザ加工方法を説明するための図である。

【図 5】 本実施形態のレーザ加工方法を説明するための図である。

【図 6】 本実施形態のレーザ加工方法を説明するための図である。

【図 7】 本実施形態のレーザ加工方法を説明するための図である。

【図 8】 本実施形態のレーザ加工方法を説明するための図である。

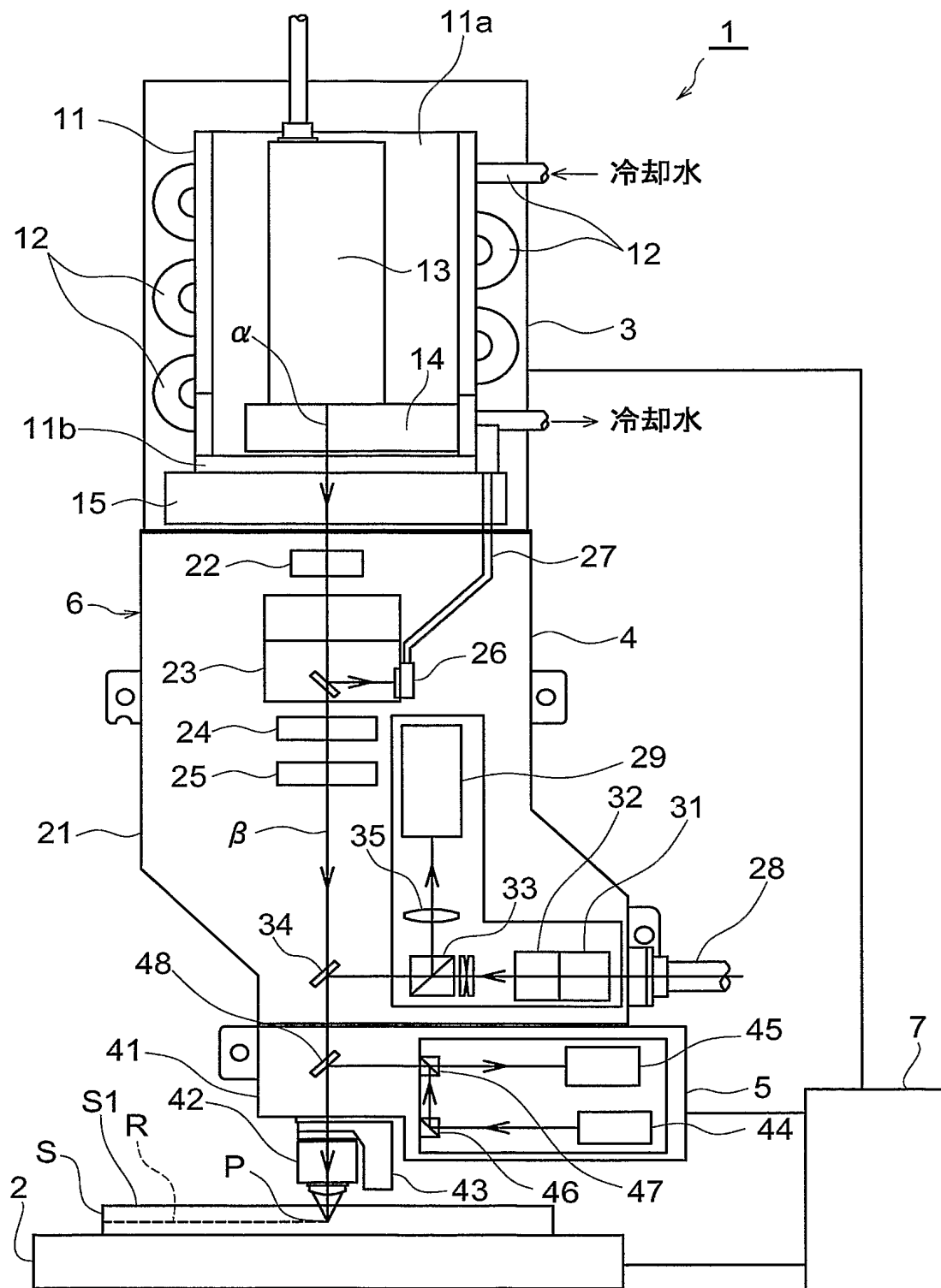
【図 9】 本実施形態のレーザ加工方法を説明するための図である。

【図 1 0】 本実施形態のレーザ加工方法を説明するための図である。
【符号の説明】

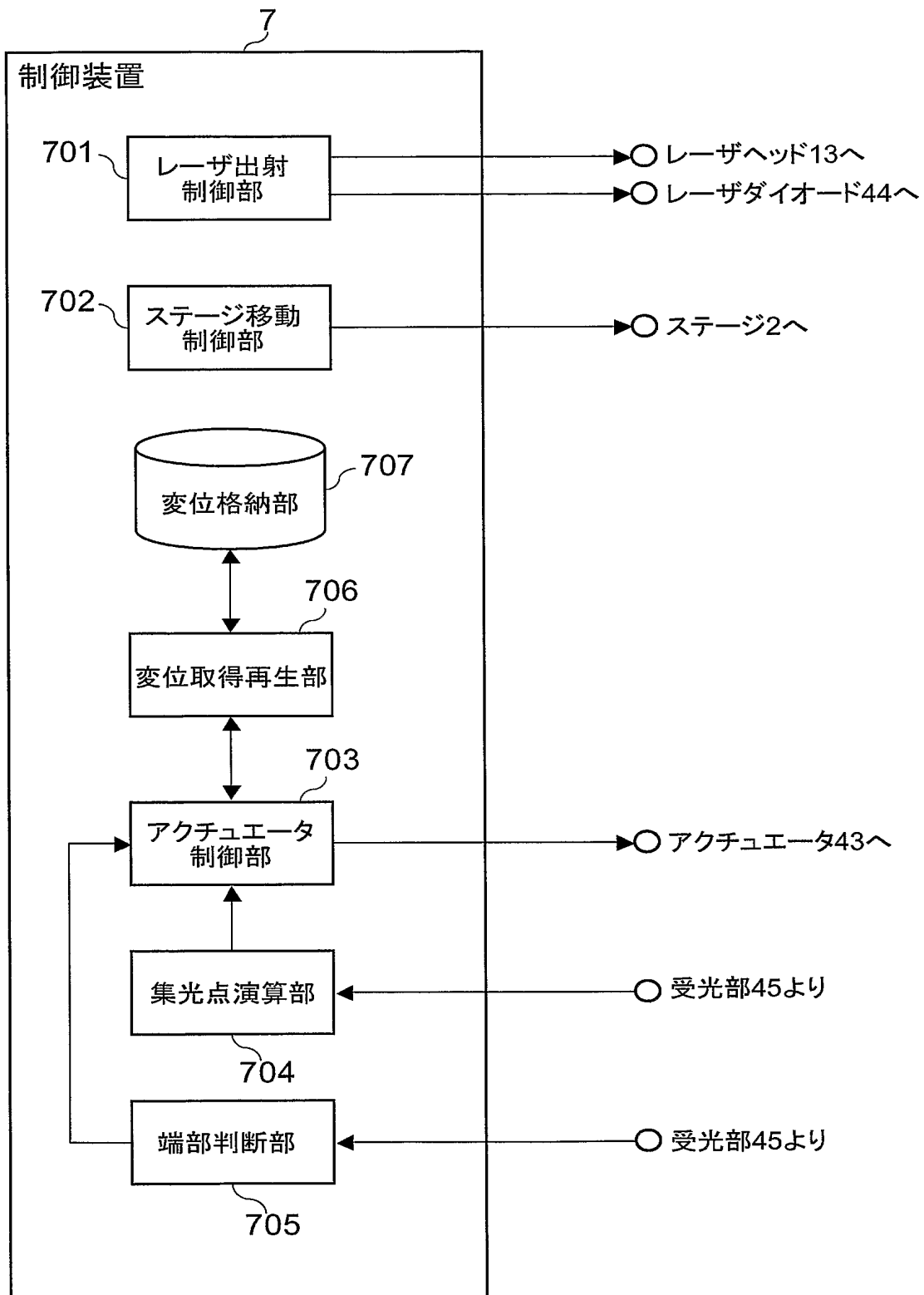
【 0 0 7 8 】

1…レーザ加工装置、2…ステージ、3…レーザヘッドユニット、4…光学系本体部、
5…対物レンズユニット、6…レーザ出射装置、7…制御装置、S…加工対象物、R…改
質領域、4 2…加工用対物レンズ、4 3…アクチュエータ、1 3…レーザヘッド、4 4…
レーザダイオード、4 5…受光部。

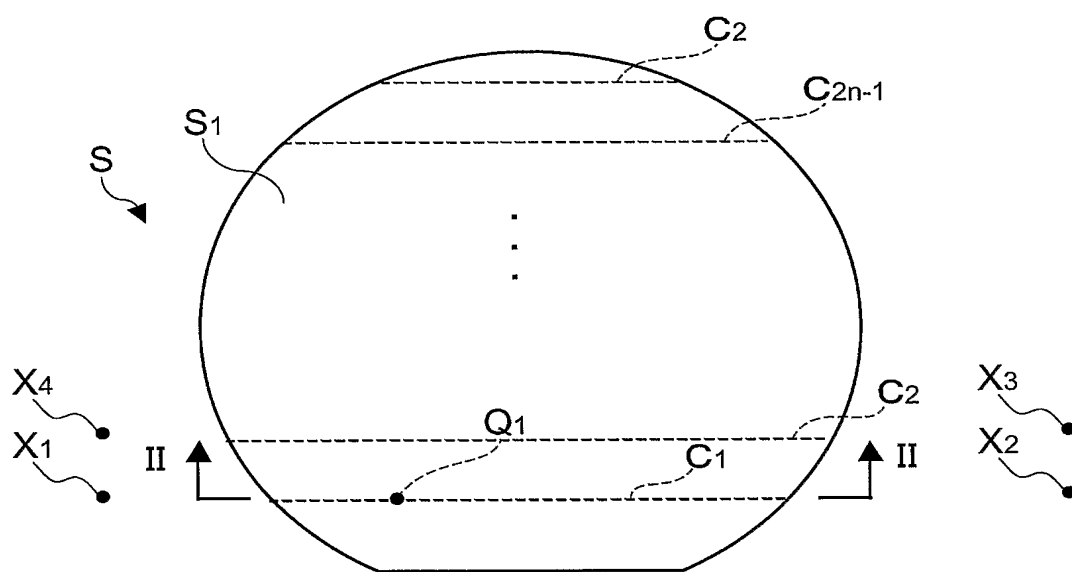
【書類名】 図面
【図 1】



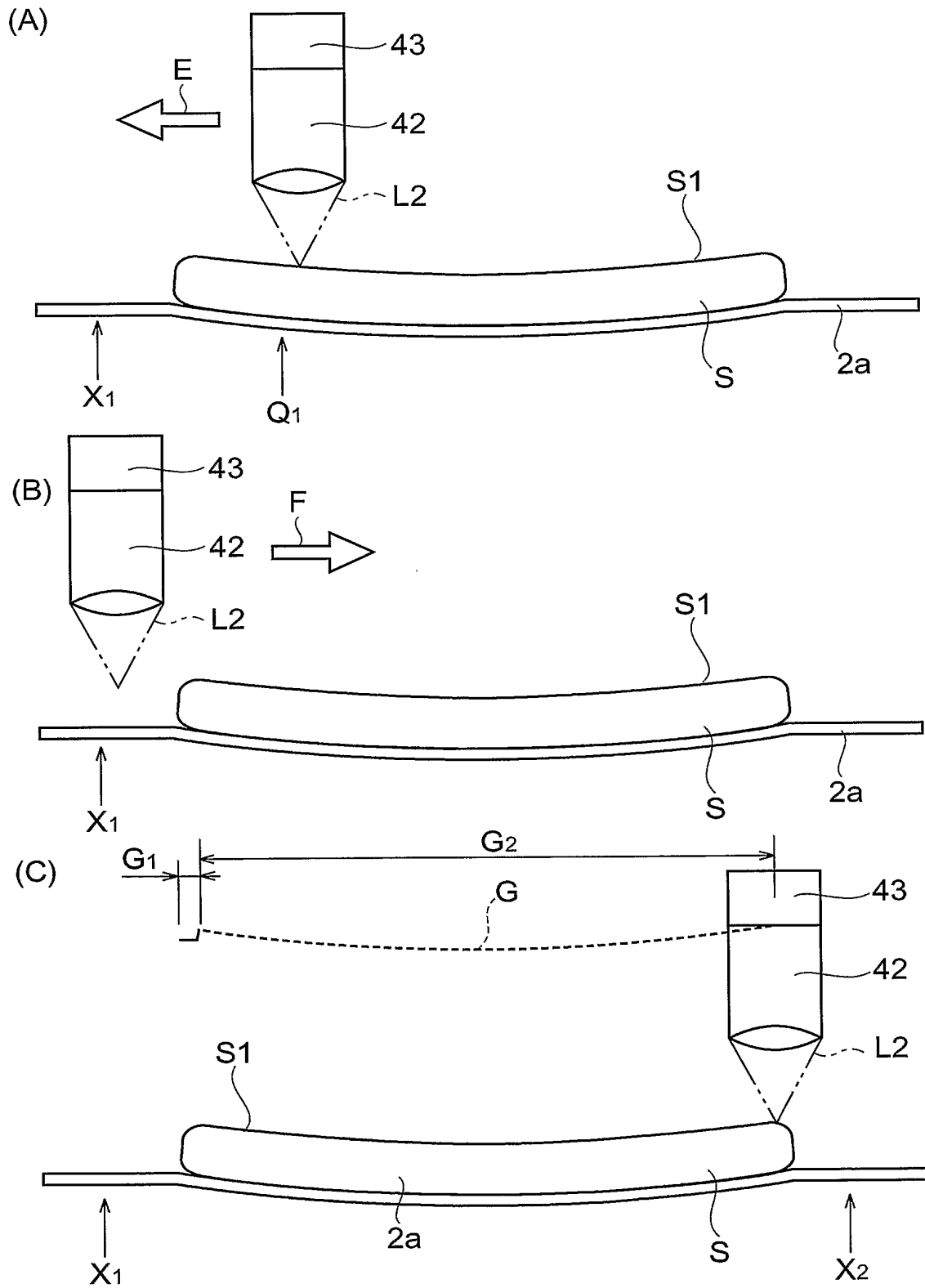
【図 2】



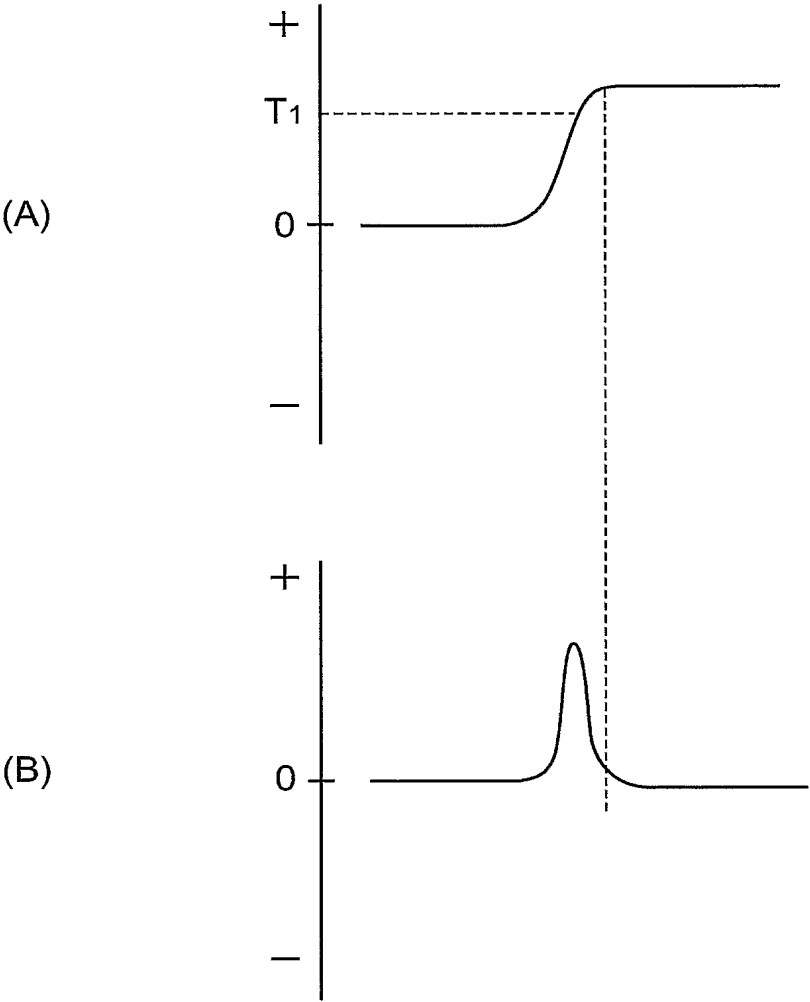
【図 3】



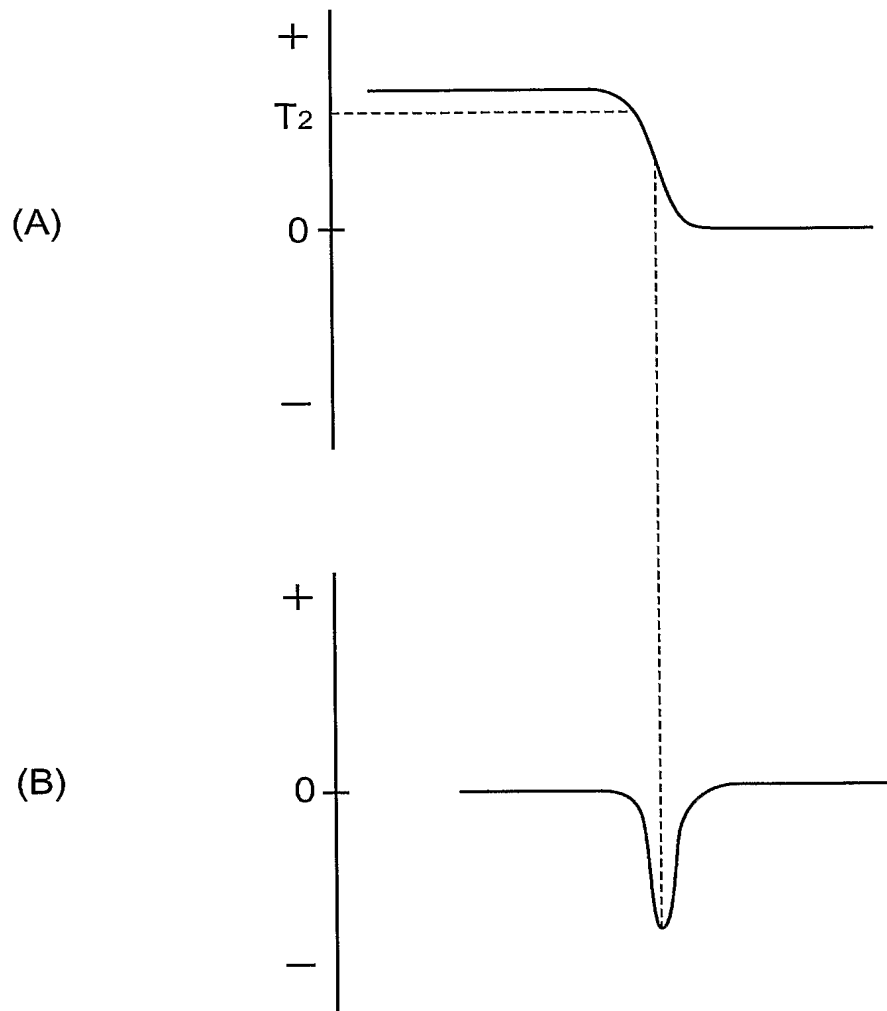
【図 4】



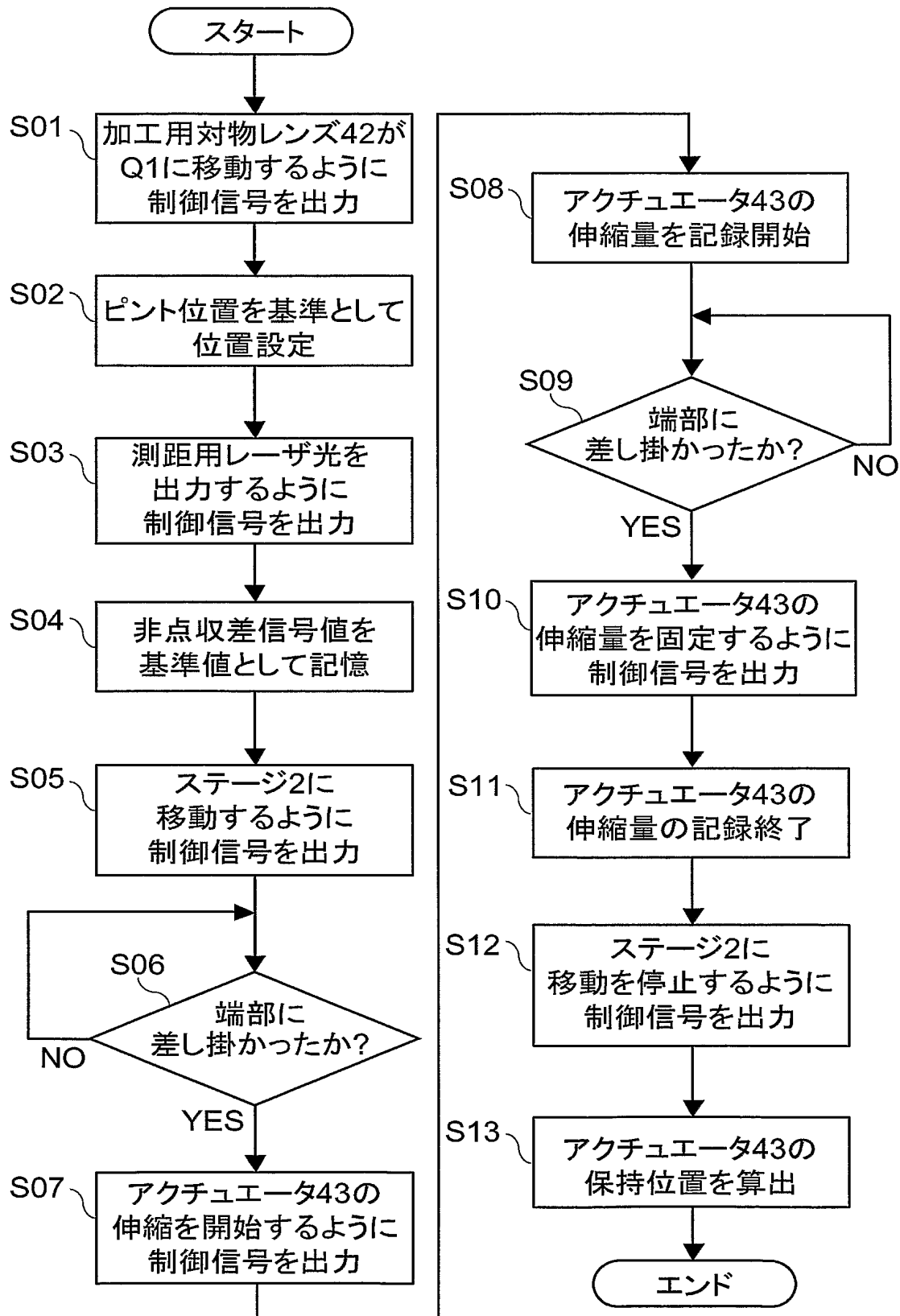
【図 5】



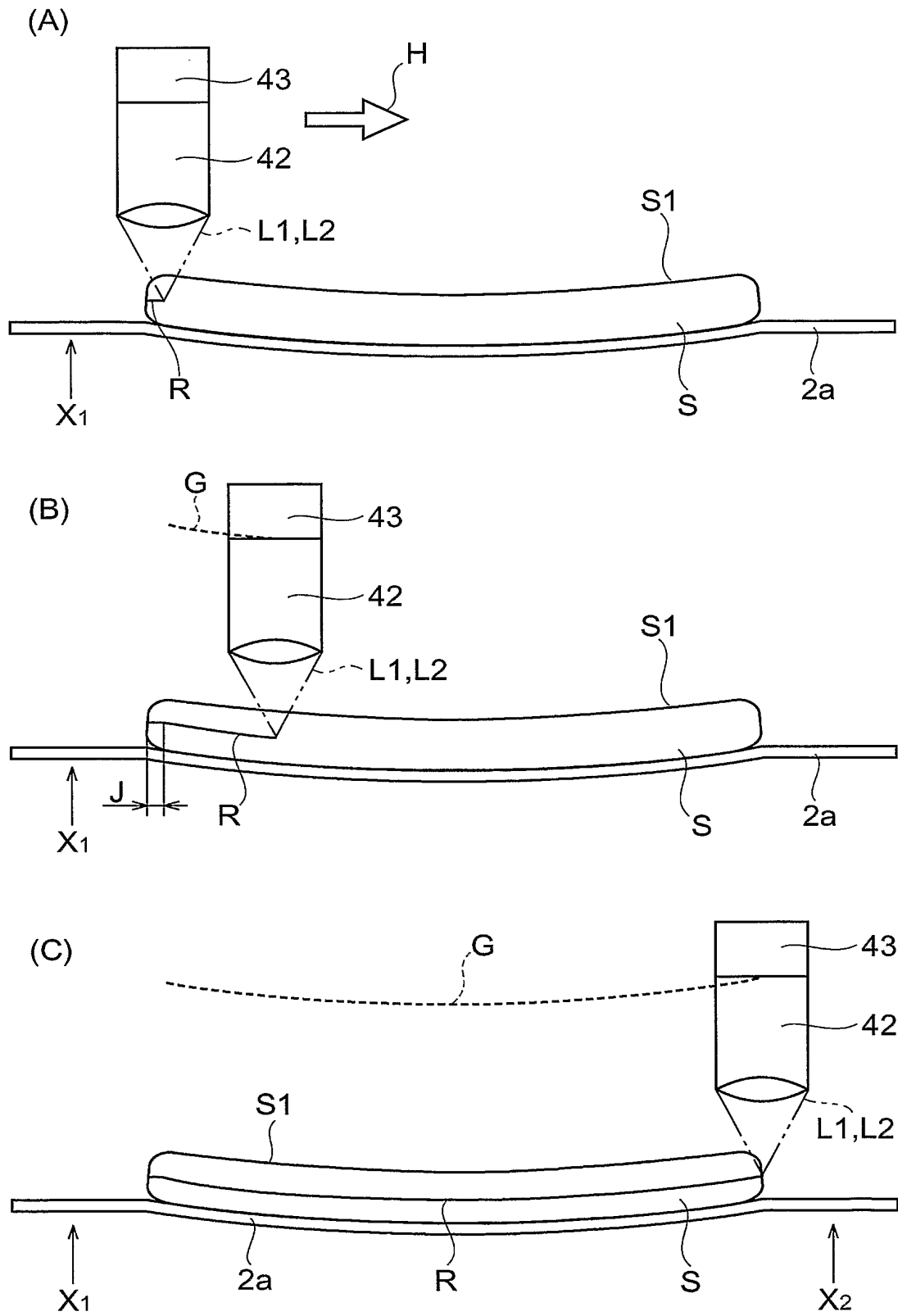
【図 6】



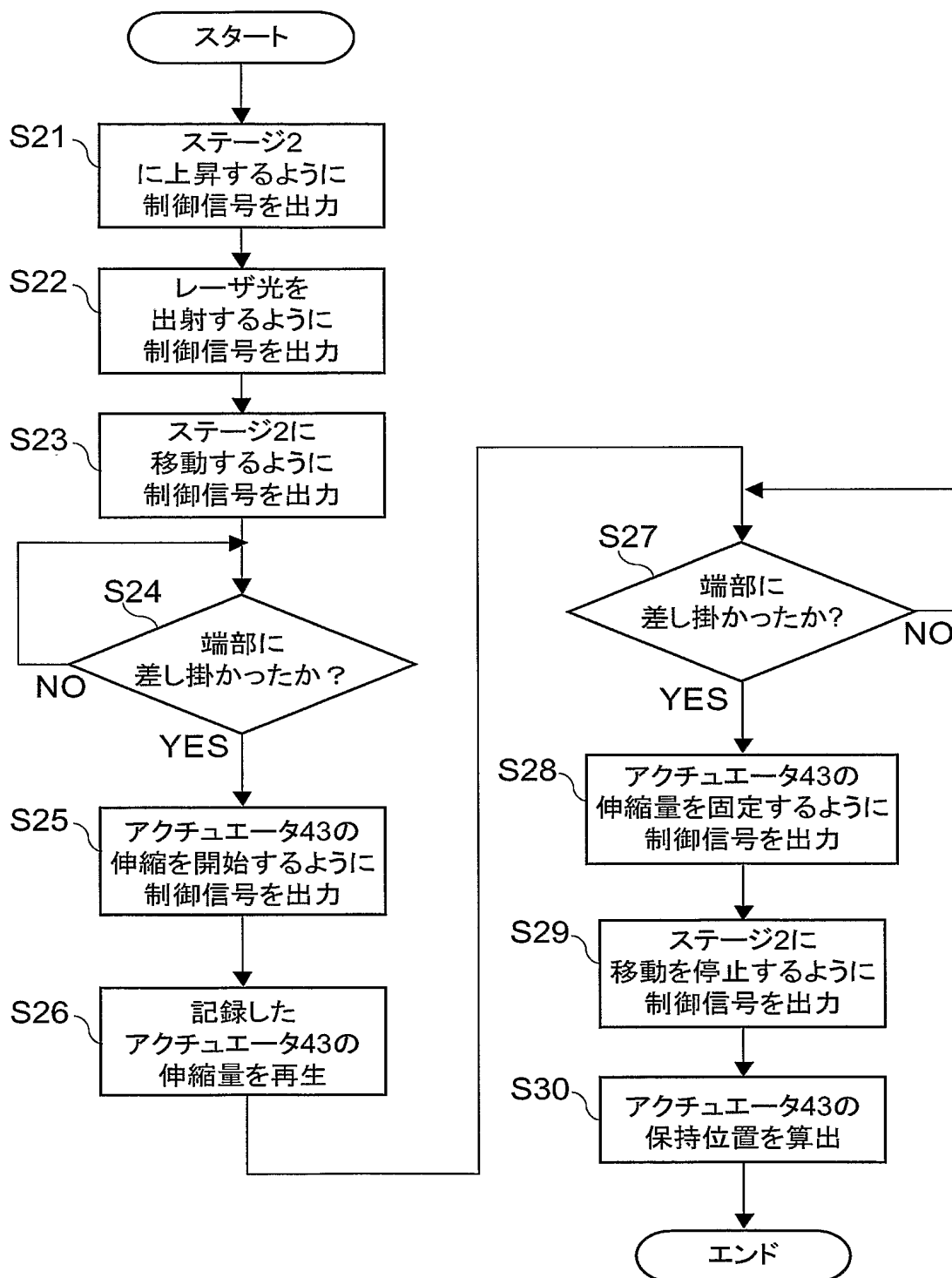
【図 7】



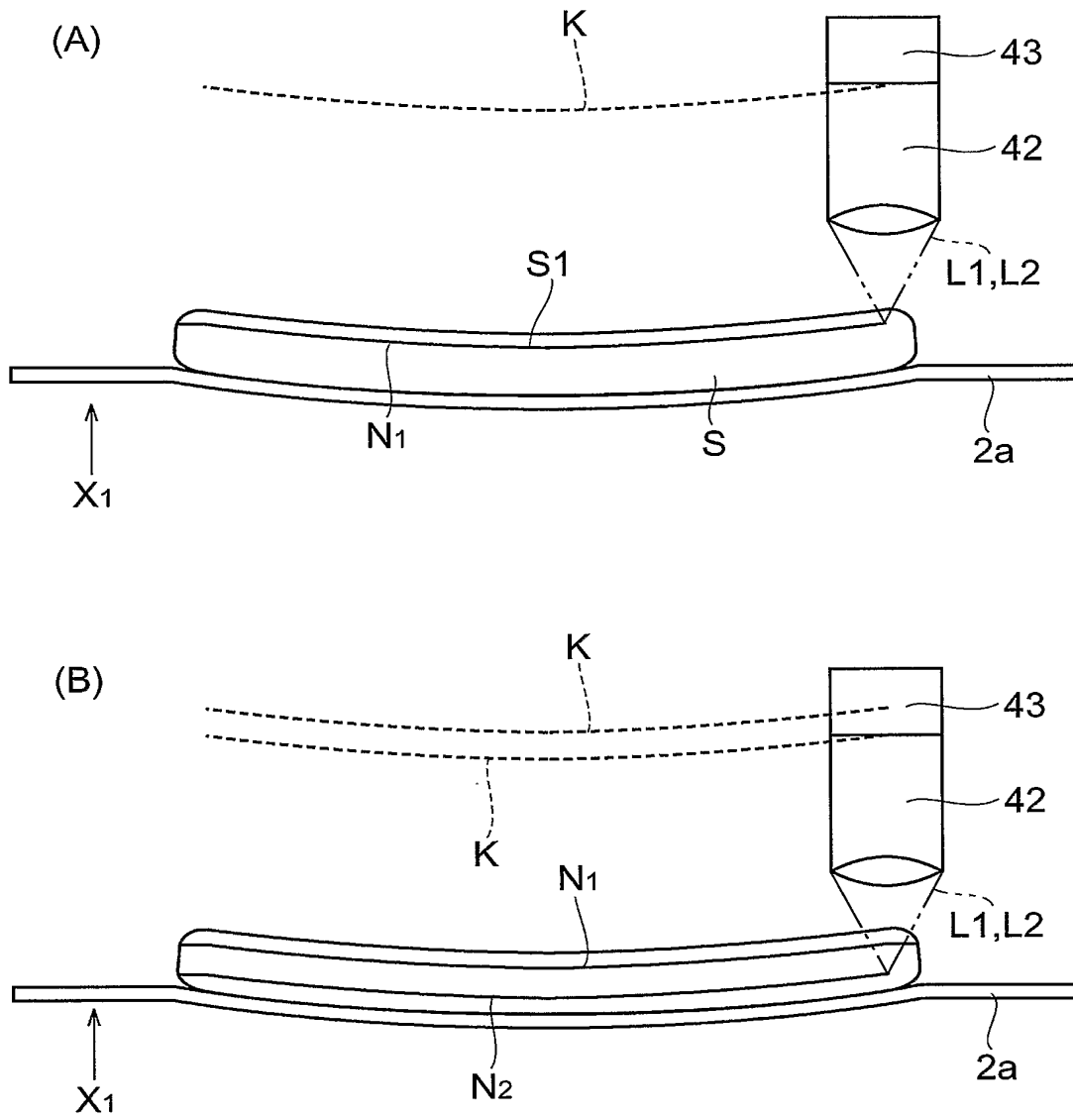
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザ光の集光点のずれを極力少なくしつつ効率よくレーザ加工を行うことができるレーザ加工方法を提供すること。

【解決手段】 このレーザ加工方法は、加工対象物の表面の変位を測定するための測距用レーザ光をレンズで集光して加工対象物に向けて照射し、当該照射に応じて主面で反射される反射光を検出しながら、切断予定ラインに沿った表面の変位を取得する変位取得ステップ（S 0 7～S 1 1）を備え、この変位取得ステップで取得した変位に基づいて加工用対物レンズと表面との間隔を調整しながら、加工用対物レンズと加工対象物とを主面に沿って相対的に移動させて、切断予定ラインに沿って改質領域を形成する。

【選択図】 図 7

特願 2 0 0 4 - 0 0 4 3 1 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 2 3 6 4 3 6]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由] 新規登録

住 所 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1

氏 名 浜松ホトニクス株式会社